

венным фактором, поскольку шероховатый слой снимается при чистовых проходах. Более того, данная поверхность способствует дроблению стружки при последующем проходе.

Учитывая изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. При назначении параметров режима резания по справочникам и каталогам почти невозможно достичь максимальной производительности, если существует ограничение по мощности имеющегося оборудования.
2. Для обеспечения максимальной производительности при черновой токарной обработке выгоднее работать с увеличенными подачами, как при съеме малого, так и большого припуска с применением многопроходной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И. Еременко М.Л. Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов. - Мн.: Выш. Шк., 1990. - 512с.
2. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Юдинов и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - 400с.
3. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ, Справочник, Л.: Машиностроение, 1990. - 591с.
4. Шарин Ю.С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1986. - 176 с.
5. CoroSeu . Руководство по повышению производительности. Точение – фрезерование - сверление. Каталог SANDVIK COROMANT, 6-е издание 2000. - 216 с.
6. Бачанцев А.И., Туромша В.И. Повышение эффективности обработки на токарных станках с ЧПУ: Машиностроение: Сб. научн. Трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. - Мн.: УП «Технопринт». 2001. С. 9-15.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. - Т 2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 496с.
8. Каталог SANDVIK COROMANT, токарные резцы. 1986. - 174 с..
9. Общий каталог ISCAR. 2008.
10. CoroSeu . Просто выбрать легко работать. Точение – фрезерование - сверление. Каталог SANDVIK COROMANT, 2007. - 208 с.

УДК621.9

Ажар А.В., Кочергин А.И., Ратько Е.Ф.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ СТУПЕНЧАТЫХ ОТВЕРСТИЙ ОСЕВЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ НА ПРИМЕРЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗЕНКЕРОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

1 Анализ конструкций и области использования комбинированных осевых инструментов

В настоящее время комбинированный осевой инструмент достаточно широко представлен в инструментальной промышленности, что в первую очередь связано с их экономичностью, повышенной производительностью и сокращением времени на замену инструмента. Однако существует ряд причин связанных с особенностями проектирования и эксплуатации таких инструментов, препятствующих расширению их использования на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь, к примеру, сложность оптимизации режимов резания и не полное использование ресурса инструмента.

Анализ показал, что чаще всего используются комбинированные инструменты для обработки отверстий с фаской, и отверстий под крепежные винты. Широкое распространение получили многоступенчатые расточные резцовые головки для обработки соосных отверстий в корпусных деталях, т.к. обеспечивается высокая точность обработки поверхности за один установ, что в основном связано с возможностью регулирования вылета инструмента.

В крупносерийном серийном и массовом производстве на агрегатных станках и автоматических линиях в основном применяются цельные осевые инструменты из быстрорежущей стали [1-5].

На современных станках с ЧПУ широко используются высокопроизводительные многоступенчатые сборные инструменты, основным достоинством которых является простота переналадки, универсальность в использовании из-за возможности замены режущей части и смены ее положения, небольшие затраты на проектирование и изготовление.

Фирмами Komet, Iscar, Hertel, Walter, Seco, Sandvik Coromant представлена широкая номенклатура комбинированных инструментов со сменными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами, которыми можно обрабатывать разнообразные сложные ступенчатые отверстия (рис.1,а). Широкое распространение получили конструкции с регулируемыми резцовыми вставками (рис. 1, б) [6-10].

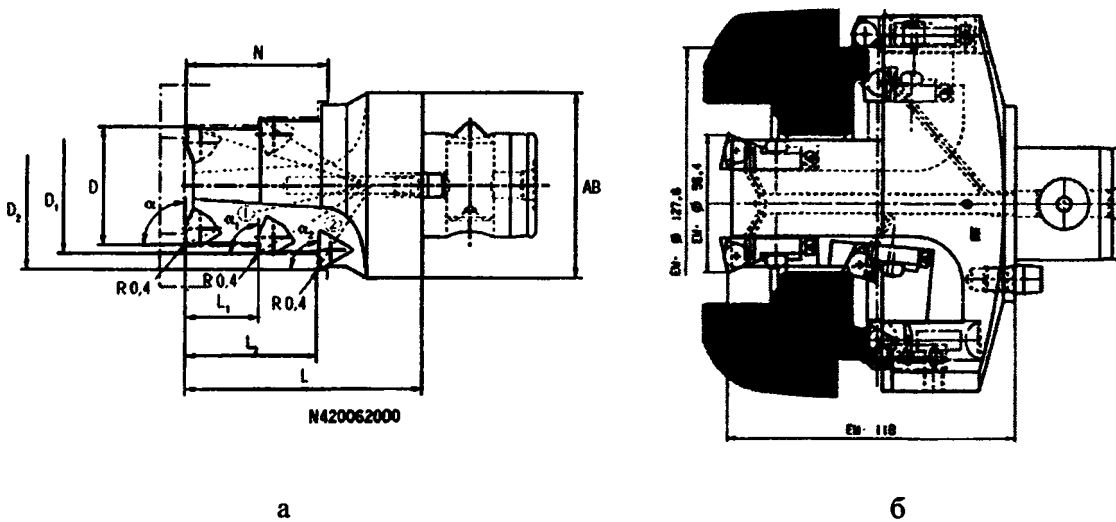


Рис. 1. Комбинированные осевые инструменты фирмы Котет

Одним из путей повышения эффективности использования комбинированных инструментов является параметрическая оптимизация условий резания, улучшение механических свойств и геометрических характеристик режущей части. В этой работе рассмотрена оптимизация режимов резания.

2 Особенности параметрической оптимизации операции механообработки

Параметрическая оптимизация технологического процесса обычно выполняется после выбора структуры перехода и выражается главным образом в определении оптимальных режимов резания (скорости v , подачи s и глубины резания t) с позиций некоторого критерия [11]. К параметрической оптимизации могут быть также отнесены расчеты: по выбору оптимальной геометрии режущего инструмента; по выбору физико-механических свойств режущих инструментов; по определению оптимальных значений припусков и допусков на выполняемые размеры.

Наиболее эффективными являются стоимостные критерии - себестоимость и приведенные затраты, как наиболее полно описывающие материальные и овеществленные затраты на производство.

При разработке системы технических ограничений необходимо учитывать особенности конструкции комбинированного инструмента и условий резания, таких как, характер работы ступеней (одновременная, частично-одновременная, последовательная), функциональное назначение ступеней (элементов) инструмента (однофункциональные, многофункциональные).

Дополнительные ограничения, накладываемые на целевую функцию, связанные с особенностями конструкции и эксплуатации комбинированных инструментов:

- а) Ограничения, связанные с требованием максимального использования ресурса инструмента, т.е. требование равной стойкости.
- б) Либо требования кратной стойкости, в случае возможности отдельной замены ступеней (элементов).
- в) Дополнительные пространственно-временные связи, связанные с условиями входа ступеней в обработку и возможностью регулирования режимами резания от ступени к ступени.
- г) Ограничения, связанные с выбором критерия снятия инструмента в случае использования разнофункциональных элементов.

3 Методика оптимизации режимов эксплуатации двухступенчатых осевых инструментов одного функционального назначения последовательного действия

3.1 Цели и задачи оптимизации

Цель работы: повышения технико-экономических показателей процесса механообработки ступенчатых отверстий комбинированными инструментами путем параметрической оптимизации операции по критерию минимума удельных приведенных затрат с учетом обеспечения максимального ресурса инструмента.

Задачи, которые необходимо решить для выполнения поставленной цели:

- разработка модели параметрической оптимизации комбинированных инструментов с учетом особенностей их конструкции и условий эксплуатации.
- разработка программного обеспечения для нахождения оптимальных режимов резания, с учетом равной или кратной стойкости работы ступеней, для наиболее распространенных осевых двухступенчатых инструментов последовательного действия.
- определение области наиболее рационального применения данной модели и поиск путей ее усовершенствования путем расширения оптимизируемых параметров.

3.2 Особенности модели оптимизации

Рассмотрим модели оптимизации режимов резания двухступенчатых осевых комбинированных инструментов по критерию минимума приведенных затрат с учетом обеспечения максимального ресурса инструмента и дополнительных ограничений на кинематику процесса резания. Ресурс в моделях учтен в виде ограничения на равную или кратную стойкость ступеней инструмента.

Оптимизация условий эксплуатации осуществляется на примере типовых конструкций двухступенчатых зенкеров. Данный инструмент выбран как наиболее используемый при обработке отверстий под крепеж в корпусных деталях.

Целевая функция приведенных затрат в общем виде [12]:

$$C = (\tau_p + \frac{\tau_c}{n_z})E + \frac{I}{n_z}, \quad (1)$$

где τ_p —время рабочего хода; τ_c —время постоя станка;

В случае последовательной обработки:

$$\tau_p = \tau_{p1} + \tau_{p2} + \tau_{ид} + \tau_{ид} = \frac{l_1}{n_1 \cdot S_1} + \frac{l_2}{n_2 \cdot S_2} + \tau_{ид} + \tau_{ид} = \frac{l_1 \cdot S_2 \cdot n_2 + l_2 \cdot S_1 \cdot n_2}{n_1 \cdot n_2 \cdot S_2 \cdot S_1} + \tau_{ид} + \tau_{ид}, \quad (2)$$

где τ_{p1} и τ_{p2} —время работы первой и второй ступеней, соответственно; $\tau_{ид}$ и $\tau_{пер}$ — время недобега и перебега инструмента; E —приведенные затраты на эксплуатацию станка и заработную плату рабочего [13]; I —приведенные затраты, обусловленные эксплуатацией инструмента за один период стойкости инструмента [13]; n_z —число заготовок, обрабатываемых за период стойкости инструмента.

Для случая обработки отверстия двухступенчатым зенкером с заданным распределением припуска между ступенями и возможностью регулирования только скорости резания и подачи условие равной стойкости будет иметь вид:

$$T_1(v_1, S_1) = T_2(v_2, S_2), \quad (3)$$

где v_1, v_2 —соответственно, скорость резания при работе первой и второй ступени инструмента, м/мин; S_1, S_2 —соответственно, подача для первой и второй ступени, мм/об.

При этом следует учесть, что стойкость инструмента может быть выражена:

- в минутах машинного времени, либо в минутах резания;
- в метрах обработанной поверхности;
- числом заготовок (поверхностей), обработанных за период стойкости.

При рассмотрении условия (3) задание стойкости в минутах времени резания неприемлемо. В метрах обработанной поверхности стойкость можно задать только тогда, когда длина резания ступенями инструмента одинакова. В случае неравенства пути резания ступенями инструмента среднюю наработку между отказами следует задавать числом отверстий (поверхностей), обработанных за период стойкости.

При последовательной работе ступеней комбинированного инструмента в зависимости от кинематических возможностей приводов станка возможны следующие варианты кинематических ограничений:

- частота вращения шпинделя может изменяться при переходе от одной ступени обработки к другой: n_1, n_2 —var; подача—величина постоянная: $S_1=S_2$;
- $n_1=n_2$; S_1, S_2 —var;
- n_1, n_2 —var; S_1, S_2 —var;
- $n_1=n_2$; $S_1=S_2$.

3.3 Целевая функция модели оптимизации с учетом ограничения равной стойкости, выраженной количеством обработанных деталей

При задании стойкости числом отверстий (поверхностей), обработанных за период безотказной работы инструмента можно воспользоваться зависимостью, штук [1]:

$$n_z = \frac{L}{l}, \quad (4)$$

$$L = n \cdot S \cdot T \quad (5)$$

где l —длина резания при обработке заготовки, м; n — частота вращения инструмента мин^{-1} ; T — стойкость инструмента, мин.

Рассмотрим общий случай неравенства длин резания, тогда для выравнивания стойкости ступеней следует воспользоваться выражением:

$$\frac{L_1}{l_1} = \frac{L_2}{l_2}, \quad (6)$$

где L_1, L_2 —соответственно стойкость первой и второй ступени инструмента, м;

l_1, l_2 —соответственно длина резания первой и второй ступени, м.

Воспользуемся степенной зависимостью, используемой для описания стойкости осевого инструмента, мин [14]:

$$T = \sqrt[q]{\frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{v \cdot t^x \cdot S^y}}, \quad (7)$$

где v, t, S, D —соответственно скорость резания, м/мин; глубина резания, мм; подача мм/об; диаметр инструмента, мм; C_v —коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых в справочнике за основу; K_v —коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу; x, y, q, m —показатели степени, зависящие от условий обработки.

После подстановки (7) и (5) в (4) и необходимых преобразований получим, что стоимость инструмента:

$$n_z = \frac{1000 \cdot v_1 \cdot S_1}{\pi \cdot D_1 \cdot l_1} \sqrt[m]{\frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{v \cdot t^x \cdot S^y}}, \quad (8)$$

Произведя подстановку (8) и (2) в (1) получим целевую функцию приведенных затрат (9), оптимизируемыми переменными являются подача и скорость резания.

В случае независимого регулирования частоты вращения и подачи каждой ступени n_1, n_2 —var; S_1, S_2 —var появляется возможность наиболее полно использовать ресурс инструмента за счет наиболее рационального выбора режимов обработки. Поскольку в этом случае частота вращения и подача, переменные величины, то на целевую функцию наложим условие равной стойкости (6).

Таким образом, получим:

$$C(v_1, S_1, v_2, S_2) = \left(\frac{\pi (l_2 \cdot D_2 \cdot v_1 \cdot S_1 + l_1 \cdot D_1 \cdot v_2 \cdot S_2)}{1000 \cdot v_1 \cdot S_1 \cdot v_2 \cdot S_2} + A \right) E + B \cdot I, \quad (9)$$

где

$$A = \frac{\tau_c}{\frac{1000 \cdot v_1 \cdot S_1}{\pi \cdot D_1 \cdot l_1} \sqrt[m]{\frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{v \cdot t^x \cdot S^y}}}, \quad B = \frac{1}{\frac{1000 \cdot v_1 \cdot S_1}{\pi \cdot D_1 \cdot l_1} \sqrt[m]{\frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{v \cdot t^x \cdot S^y}}}.$$

Остальные случаи построения целевой функции будут частными от вышеприведенной.

3.4 Система ограничений накладываемых на целевую функцию оптимизации

Во всех четырех случаях для получения наиболее достоверных результатов предусмотрена система дополнительных ограничений для каждой ступени в отдельности.

1 По осевой силе:

$$C_p \cdot t_1^{xp} \cdot S_1^{yp} \cdot K_p = P_0, \quad C_p \cdot t_1^{xp} \cdot S_1^{yp} \cdot K_p \leq P_d, \quad C_p \cdot t_2^{xp} \cdot S_2^{yp} \cdot K_p \leq P_d,$$

где P_d — сила, допустимая механизмом подачи станка: $P_d=9700$ Н.

2 По кинематике станка:

$$\begin{aligned} S_2 \leq S_{\max}, \quad S_1 \leq S_{\max}, \quad v_1 \leq \frac{n_{\max} \cdot \pi \cdot D_1}{1000}, \quad v_2 \leq \frac{n_{\max} \cdot \pi \cdot D_2}{1000}, \\ S_2 \geq S_{\min}, \quad S_1 \geq S_{\min}, \quad v_1 \geq \frac{n_{\min} \cdot \pi \cdot D_1}{1000}, \quad v_2 \geq \frac{n_{\min} \cdot \pi \cdot D_2}{1000}, \end{aligned}$$

где n_{\max} — максимальная частота вращения шпинделя, допустимая станком: $n_{\max}=2000$ об/мин; n_{\min} — минимальная частота вращения шпинделя, допустимая станком: $n_{\min}=90$ об/мин; S_{\max} — максимальная подача, допустимая станком: $S_{\max}=2$ мм/об; S_{\min} — минимальная подача, допустимая станком: $S_{\min}=0,005$ мм/об.

3 По мощности резания:

$$N_e = \frac{C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot D \cdot 975},$$

$$\frac{C_m \cdot D_1^q \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot K_p \cdot 1000 \cdot v_1}{\pi \cdot D_1 \cdot 975} \leq N_d,$$

$$\frac{C_m \cdot D_2^q \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot K_p \cdot 1000 \cdot v_2}{\pi \cdot D_2 \cdot 975} \leq N_d,$$

где N_d – мощность привода главного движения станка: $N_d = 7$ кВт.

Ограничение по шероховатости, обрабатываемой поверхности.

В частном случае, при зенкерованием $Ra < 10$ мкм. Для обеспечения этого условия подача $S < 0.3 \dots 1,6$ мм/об при диаметре инструмента в диапазоне $d = 4 \dots 100$ мм.

4 Примеры параметрической оптимизации режимов резания двухступенчатых зенкеров

Рассмотрим применение предложенной методики на примере наиболее распространенного инструмента зенкера-зенковки для обработки отверстия с фаской и комбинированного зенкера для обработки ступенчатого отверстия (рис. 2).

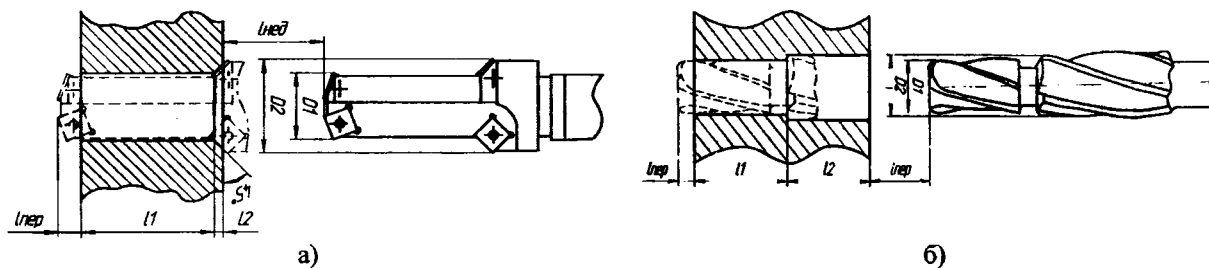


Рис. 2. Эскизы обработки:
а) обработка отверстия с фаской сборным зенкером-зенковкой;
б) обработка ступенчатого отверстия цельным двухступенчатым зенкером

Исходные данные для расчета режимов резания комбинированным инструментом:

Диаметры первой и второй ступени соответственно:

$D_1 = 24,8$ мм; $D_2 = 25,55$ мм.

Глубина резания первой и второй ступени, соответственно:

$t_1 = 1$ мм; $t_2 = 0,4$ мм.

Длины резания первой и второй ступени, соответственно:

$l_1 = 49$ мм; $l_2 = 3,1$ мм или $l_1 = 26,05$ мм; $l_2 = 26,05$ мм.

Время перебега и недобега:

$\tau_{пер} = 0$ мин; $\tau_{нед} = 0$ мин.

Материал режущей части инструмента: быстрорежущая сталь Р6М5 или твердый сплав Т15К6.

Значения коэффициентов и показателей степени в формуле скорости резания при зенкерованием конструкционных сталей [14, 15]:

$m = 0,3$; $x = 0,2$; $y = 0,5$; $q = 0,3$; $C_v = 16,3$; $K_v = 1$ — для Р6М5;

$m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,3$; $q = 0,3$; $C_v = 292$; $K_v = 0,93$ — для Т15К6.

Обрабатываемый материал - чугун СЧ 25 НВ 170..241.

Время простоя станка: $\tau_c = 2,35$ мин.

Приведенные затраты на эксплуатацию станка и заработную плату рабочего: $E = 490$ руб.

Приведённые затраты, обусловленные эксплуатацией инструмента за один период стойкости инструмента: $I = 49$ руб. Результаты оптимизации режимов резания для различных случаев приведем в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные режимы резания

Быстрорежущая сталь								
Кинематические ограничения	Ступенчатый зенкер $D_1/D_2=0.971 \quad l_2/l_1=1$				Зенкер-зенковка $D_1/D_2=0.971 \quad l_2/l_1=0.063$			
	V1	S1	V2	S2	V1	S1	V2	S2
Условие равной стойкости: $n_{z1}=n_{z2}$								
$S1=S2; v1, v2\text{-var}$	38,938	0,6	50,591	0,6	14,147	0,6	60	0,6
$S1, S2\text{-var}; v1=v2$	54,764	0,266	56,421	0,6	20	0,6	20,605	84,929
$S1, S2\text{-var}; v1, v2\text{-var}$	44,07	0,6	26,567	0,6	30,49	0,6	60	0,6
$S1=S2; v1=v2$	40,236	0,6	41,453	0,6	33,289	0,6	34,295	0,6
Твердый сплав								
Условие равной стойкости: $n_{z1}=n_{z2}$								
$S1=S2; v1, v2\text{-var}$	96,15	0,8	124,48	0,8	49,409	0,8	160,53	0,8
$S1, S2\text{-var}; v1=v2$	91,2	0,21	132,23	0,8	50,3	0,21	161,2	0,8
$S1, S2\text{-var}; v1, v2\text{-var}$	96,15	0,8	124,48	0,8	49,409	0,8	160,53	0,8
$S1=S2; v1=v2$	98,774	0,8	101,76	0,8	84,342	0,8	86,893	0,8

Оптимизация режимов резания производилась с использованием программы Mathcad методом итерационной минимизации целевой нелинейной функции в соответствии с методикой, представленной в п. 3.

5 Анализ результатов параметрической оптимизации двухступенчатых зенкеров

При помощи разработанного программного обеспечения произведены расчеты приведенных затрат и построены многомерные зависимости связывающие целевую функцию оптимизации с конструктивными параметрами комбинированных инструментов, таких как диаметры и длины ступеней обработки. Расчеты произведены для ступенчатых зенкеров из быстрорежущей стали и твердых сплавов при обработке конструкционных сталей и чугунов. При этом были рассмотрены все четыре случая, определяющие кинематические возможности по регулированию режимов резания ступеней обработки.

Как показал анализ наилучшие результаты по минимизации приведенных затрат в широком диапазоне отношений размеров инструмента были получены при $S1, S2\text{-var}; n1, n2\text{-var}$, материал режущей части T15K6.

Найдем область наиболее рационального использования данной методики при изменении D_1/D_2 и l_2/l_1 , для инструмента из твердого сплава при обработке конструкционной стали (рис. 3). В данном случае видно, что локального минимума приведенных затрат нет. Однако форма поверхности такая, что целевая функция стремится к минимуму $C \rightarrow \min$ при $D_1/D_2 \rightarrow 1$, $l_2/l_1 \rightarrow 1$.

Применение данной методики оптимизации для рассматриваемого случая при $n1, n2\text{-var}; S1, S2\text{-var}$ обосновано в области $D_1/D_2=(0,8...1)$, $l_2/l_1=(0,2...0,8)$.

При большом отношении диаметров ступеней и длин резания оптимизация режимов резания не приводит к уменьшению приведенных затрат и поэтому достаточно ограничится назначением режимов резания по лимитирующей ступени инструмента например для зенкера-зенковки.

Увеличение приведенных затрат при оптимизации в первую очередь связано с наложенными ограничениями по шероховатости и скорости резания, а также обусловленными свойствами материала режущей части инструмента. Большое влияние оказывает система ограничений на подачу, поэтому поиск оптимальной скорости резания приносит лучшие результаты.

Достичь хороших результатов по минимизации приведенных затрат при существующих ограничениях на процесс зенкерования можно регулированием скоростей ступеней и заданием максимальных подач допустимых по критерию шероховатости обработки.

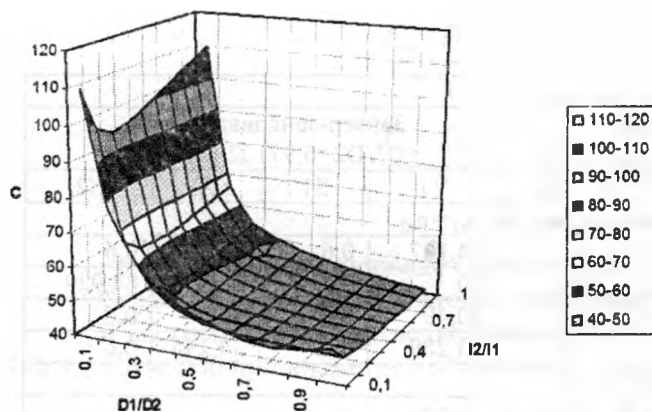


Рис. 3. Приведенные затраты при S_1, S_2 -var; n_1, n_2 -var, материал режущей части T15K6

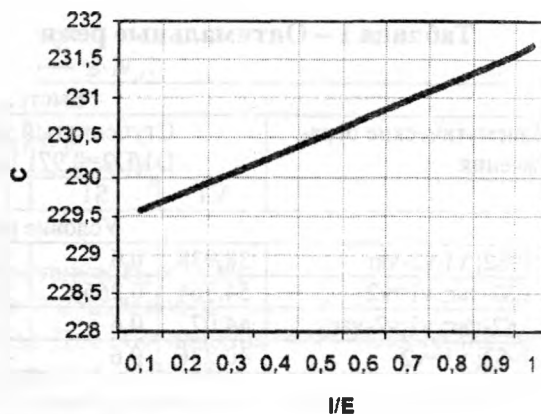


Рис. 4. Влияние отношения I/E на приведенные затраты обработки при обработке деталей из конструкционной стали быстрорежущими зенкерами

Отношение стоимости оборудования к стоимости инструмента I/E незначительно влияет на повышение приведенных затрат, поэтому ступенчатые отверстия можно обрабатывать и дорогостоящим инструментом (рис. 4). При аппроксимировании точек графика теоретической кривой, получаем следующую линейную зависимость с доверительной вероятностью 96% [16]:

$$C = 229.33 + 2.366 \cdot I / E,$$

где I - приведенные затраты, обусловленные эксплуатацией инструмента за один период стойкости инструмента. E - приведенные затраты на эксплуатацию станка и заработную плату рабочего.

Проанализируем введение критерия кратной стойкости в случае n_1, n_2 -var; S_1, S_2 -var для зенкера-зенковки (рис. 5).



Рис. 5. Влияние условия кратной стойкости

При введении условия кратной стойкости ступеней прослеживается снижение приведенных затрат на обработку при увеличении кратности. Под кратной стойкостью понимается кратность времени работы ступеней инструмента до переточки, т. е. отношение стойкости ступеней должно быть равным 1 или любому целому числу обычно 2, 3, 4.

Выводы:

В результате анализа результатов работы для двухступенчатых зенкеров при обработке конструкционных сталей и чугунов установлено, что в области приемлемых условий резания, оптимальные значения режимов резания стремятся к максимуму и лежат на границе области возможных значений при отсутствии ограничений по кинематике формообразования и точности обработки. Фактически из-за существующих ограничений область рационального использования разработанной модели оптимизации лежит в области малых значений перепадов диаметров и длин резания ступеней инструмента. Установлена малая степень влияния на целевую

функцию оптимизации отношения стоимости оборудования и инструмента. При отсутствии положительных результатов при оптимизации режимов резания предложен путь поиска оптимальных решений связанный изменением маршрута обработки и конструкции инструмента.

Полученные результаты необходимо учитывать при конструировании комбинированных инструментов при назначении длин и диаметров ступеней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажар А.В., Кочергин А.И. Использование и оптимизация условий эксплуатации комбинированных осевых инструментов. Машиностроение – Мн., 2002 – Вып. 18 – с. 34 - 42.
2. Н.В. Жарликов. Комбинированные режущие инструменты. М.: Машиностроение, 1961 г. с.78.
3. Максимов М.А., Киселева Л.П., Шмелев А.Я. Комбинированные режущие инструменты. Учебное пособие. г. Горький, 1977. – 69с.
4. Дашенко А.И., Шмелев А.И. Наладка агрегатных станков: Учебник для технических училищ. М.: Высш. школа, 1982 - 152 с.
5. Черпаков Б.И. Эксплуатация автоматических линий.: Пособие для инженерно-педагогических работников профессионально-технических училищ. М.: Машиностроение, 1990 - 304 с.
6. Bohren mit KOMET. Das übersichtliche Nachschlagewerk mit allen Detailsund techischen Daten 6/2002, 257 с.
7. KENNAMETAL HERTEL. Обзор производственной программы. Режущий и вспомогательный инструмент. 2002 – 92 с.
8. Общий каталог ISCAR. 10/2005, ил.
9. Каталог "Walter". 2008, ил.
10. Каталог "Sandvik Coromant". Вращающийся инструмент. 2008, ил.
11. Аверченков В.И. и др. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов / В.И. Аверченков, И.А. Каштальян, А.П. Пархутик. – Мн.: Выш. шк., 1993. – 288 с.: ил.
12. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение. 1986. – 232 с., ил. – (Библиотека инструментальщика).
13. Расчеты экономической эффективности новой техники. Л.: Машиностроение, 1975 – 432 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Справочник: В 2-х т. т.1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др.- М.: Машиностроение, 1991г. – 640с., ил.
16. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.

УДК 621.94

Бачанцев А.И., Ильютик А.А., Туромша В.И.

ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Ведущие производители современного инструмента и инструментальных материалов: Sandvik Coromant, Mitsubishi, Iscar, SECO на протяжении многих лет разрабатывают новейшие инструменты и инструментальные материалы с целью улучшения качества и эффективности процесса резания. И основной практической задачей, особенно для предварительной обработки, является увеличение производительности. С 60-х годов прошлого века в споре «силовиков» и «скоростников», в связи с появлением твердых сплавов, победу одержали «скоростники», то есть те, кто рекомендовал повышать производительность за счет увеличения скорости резания. Эта тенденция незримо существует и до сегодняшнего дня.

Но если проследить динамику изменения скорости резания за последние более чем 20 лет, то можно заметить, что с момента возникновения твердых сплавов, большого скачка численного значения скорости не произошло. Так в 1984 году фирма Sandvik Coromant предлагала для предварительной обработки стали типа 01.2 (аналог Стали 45) скорости в диапазоне